

PENGARUH MUTU LIMBAH BETON SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA KUALITAS CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COARSE (AC-BC)

oleh :

Afif Bagus Ansori

PT. Alcos Graha Jaya

email : affbarry_ok@yahoo.com

Abstrak: Seiring dengan kemajuan peradaban manusia, pembangunan dan pembaruan infrastruktur merupakan suatu kebutuhan. Efek samping dari pembangunan dan pembaruan adalah limbah, salah satunya adalah limbah beton. Limbah beton memiliki sifat fisik menyerupai batu alam sehingga berpotensi dapat menggantikan agregat alam sebagai bahan pokok pembuatan perkerasan jalan. Limbah beton yang digunakan adalah limbah sampel beton dengan mutu $f'c$ 25, $f'c$ 35 dan $f'c$ 45. Perencanaan campuran yang akan diteliti menggunakan aspal beton lapis antara atau asphalt concrete-binder course (AC-BC). Limbah beton mutu $f'c$ 25, $f'c$ 35 dan $f'c$ 45 digunakan sebagai agregat kasar pengganti, masing-masing mutu beton akan dicampur dengan variasi kadar aspal 4% sampai dengan 8%. Penelitian ini menggunakan metode pengujian Marshall untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow). Nilai bagi dari stabilitas dan flow atau Marshall Quotient (MQ) pada masing-masing campuran dibandingkan untuk mengetahui pengaruh mutu limbah beton terhadap kualitas campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC). Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 25 menghasilkan nilai MQ tertinggi yaitu 214,31 kg/mm pada kadar aspal 4%, 200,02 kg/mm pada kadar aspal 5%, 194,09 kg/mm pada kadar aspal 6%, 188,60 pada kadar aspal 7% dan 151,48 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai MQ 200,07 kg/mm pada kadar aspal 4%, 185,25 kg/mm pada kadar aspal 5%, 179,96 kg/mm pada kadar aspal 6%, 170,54 pada kadar aspal 7% dan 142,20 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 45 menghasilkan nilai MQ terendah yaitu 176,29 kg/mm pada kadar aspal 4%, 173,55 kg/mm pada kadar aspal 5%, 165,55 kg/mm pada kadar aspal 6%, 152,74 pada kadar aspal 7% dan 130,14 pada kadar aspal 8%.

Kata kunci: aspal, limbah beton, stabilitas Marshall, Marshall Quotient, MQ.

Abstract : *As human civilization progresses, the development and innovation infrastructure is a necessity. Side effects of development and innovation are waste, one of which is concrete waste. Concrete waste have physical properties resembling natural stone so that it can potentially replace natural aggregate as the main material of pavement construction. Concrete waste used are concrete sample waste with quality $f'c$ 25, $f'c$ 35 and $f'c$ 45. Mixed planning to be investigated using asphalt concrete-binder course (AC-BC). The quality concrete $f'c$ 25, $f'c$ 35 and $f'c$ 45 used as a replacement coarse aggregate, each of which will mixed with variations in asphalt content of 4% to 8%. Research uses marshall test method to determine the resistance (stability) to plastic melting (flow). The values for the stability and flow or marshall quotient (MQ) in each mixture were compare the effect of the quality the concrete waste in the quality asphalt concrete-binder course mix (AC-BC). The asphalt concrete-binder course (AC-BC) mixture with the aggregate concrete waste with quality $f'c$ 25 result the highest MQ value of 214,31 kg/mm at 4 % bitumen content, 200,02 kg/mm at 5% bitumen content, 194,09 kg/mm at 6% bitumen content, 188,60 kg/mm at 7% bitumen content and 151,48 kg/mm at 8% bitumen content. Asphalt concrete-binder course (AC-BC) mixture with aggerate concrete waste with quality $f'c$ 35 resulted in a MQ value 200,07 kg/mm at 4% bitumen content, 185,25*

kg/mm at 5% bitumen content, 179,96 kg/mm at 6% bitumen content, 170,54 at 7% bitumen content and 142,20 kg/mm at 8% bitumen content. Asphalt concrete-binder course mixture with quality aggregate concrete waste f_c 45 resulted MQ value lowest at 176,29 kg/mm at 4% bitumen content, 173,55 kg/mm at 5% bitumen content, 165,55 kg/mm at 6% bitumen content, 152,74 kg/mm at 7% bitumen content and 130,14 kg/mm at 8% bitumen content.

Keyword : substitution asphalt aggregate, concrete waste, AC-BC, Marshall stability

Pendahuluan

Perkembangan peradaban manusia mengharuskan adanya pembaruan dan pembangunan. Efek samping dari pembaruan dan pembangunan adalah limbah, salah satunya adalah limbah beton. Limbah beton dihasilkan *ready mix* dalam bentuk sampel beton dan produsen *precast* dalam bentuk puing hasil bobokan beton cetak yang tidak lolos *quality control (QC)*. Limbah beton selama ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan uruk.

Di sisi lain kebijakan pemerintah yang saat ini fokus melakukan pembangunan infrastruktur jalan raya sehingga kebutuhan material perkerasan jalan pun semakin meningkat baik dari segi kualitas dan kuantitas. Material yang dominan digunakan untuk perkerasan jalan adalah agregat kasar yang berasal dari batuan. Penggunaan batuan secara terus menerus dalam jumlah yang besar tentu akan menimbulkan masalah kelestarian alam. Untuk membatasi penggunaan agregat baru (*fresh aggregate*) dari alam ini sudah banyak dikembangkan teknologi bahan pengganti.

Dari fenomena di atas, perlu suatu inovasi pemanfaatan limbah beton agar menjadi suatu material yang mempunyai nilai lebih. Limbah beton memiliki sifat mirip dengan batu alam sehingga limbah beton dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi batu alam yaitu digunakan untuk agregat kasar pada campuran aspal. Jenis aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah *asphalt concrete-binder course (AC-BC)*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh mutu limbah beton terhadap parameter *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *marshall quotient*, VIM, VMA dan VFA.

Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Asphalt Concrete (aspal beton) yang di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan laston merupakan suatu bahan yang terdiri dari campuran homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau *filler*) yang memiliki gradasi tertentu dengan aspal sebagai pengikat yang dicampur dalam suhu yang tinggi (panas) dan diatur oleh spesifikasi teknis.

Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

AC-BC merupakan lapisan aspal yang tergolong pada lapisan permukaan (*surface course*). Lapisan ini menerima beban langsung dari lalu lintas, menyebarkan beban lalu lintas untuk mengurangi tegangan pada lapisan bawah struktur jalan, memiliki permukaan yang rata sehingga nyaman saat lalu lintas melaluinya dan memiliki drainase yang baik dari permukaan kedap air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan pelemahan lapisan dapat dihindari.

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC)

Sifat-sifat Campuran	AC-BC	
Jumlah tumbukan perbidang		75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0
	Maks.	1,4
Rongga dalam campuran VIM (%)	Min.	3,0
	Maks.	5,0
Rongga dalam agregat VMA (%)	Min.	14
Rongga terisi aspal VFA (%)	Min.	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800
	Min.	2
Pelelehan / Flow (mm)	Maks.	4

Agregat

Agregat adalah suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Sering kali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran.

Tabel 2. Syarat Agregat

Jenis Pemeriksaan	Syarat
Keausan	Maks. 40 %
Penyerapan air	Maks. 3 %
Berat jenis bulk	Min. 2,5 gr/cc
Berat jenis SSD	Min. 2,5 gr/cc

Tabel 3. Spesifikasi agregat dan rencana penggunaan agregat

Ukuran saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Keterangan
25,0	100	Ag. kasar limbah beton
19,0	90 - 100	Ag. kasar limbah beton
12,5	75 - 90	Ag. kasar limbah beton
9,5	66 - 82	Ag. kasar limbah beton

4,75	46 - 64	Ag. kasar limbah beton
2,36	30 - 49	Ag. kasar limbah beton + Ag. halus abu batu
1,18	18 - 38	Ag. halus abu batu
0,600	12 - 28	Ag. halus abu batu
0,300	7 - 20	Ag. halus abu batu
0,150	5 - 13	Ag. halus abu batu
0,075	4 - 8	Ag. halus abu batu

Limbah Beton

Beton adalah campuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dengan semen dan air terkadang ditambah additif yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen.

Limbah beton adalah material beton yang sudah tidak terpakai lagi untuk konstruksi. Limbah beton yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah limbah beton yang berasal dari laboratorium PT. Pionir Beton Industri.

Parameter Marshall

VIM (*Void in mix*) volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume bulk.

$$VIM = 100 - \left(\frac{100 \times D}{D_{maks\ teoritis}} \right)$$

VMA (*Void in mineral aggregate*) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji.

$$VMA = 100 - \left(\frac{D \times P_s}{G_{sb}} \right)$$

VFA (*Void filled with asphalt*) adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral

agregat (VMA) yang terisi aspal efektif dinyatakan dalam persen.

$$VFA = \left(\frac{100x[VMA - VIM]}{VMA} \right)$$

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban yang bekerja tanpa perubahan bentuk. Nilai stabilitas juga menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.

$$S = q \times C \times k \times 0,454$$

Flow (kelelahan plastis) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh. *Flow* merupakan indikator terhadap lentur.

Marshall Quotient merupakan perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*flow*) dan dinyatakan dalam kg/mm. Besarnya *Marshall Quotient* merupakan indikator dari kelenturan yang potensial terhadap keretakan.

$$MQ = \frac{S}{F}$$

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode desain empiris secara eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan di dalam ataupun di luar laboratorium. Dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan variasi mutu limbah beton

yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar. Hasil pengujian ini adalah nilai Marshall.

Jenis Data Penelitian

1. Data primer yaitu data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada.
2. Data sekunder yaitu data yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau yang dilaksanakan yang masih berhubungan dengan penelitian tersebut.

Alat Penelitian

1. Alat pemeriksaan agregat (*Los Angeles, Sieve, Sieve shacker*).
2. Oven
3. Timbangan
4. Termometer
5. Alat pembuat briket aspal (*mould, compactor, dongkrak*)
6. Waterbath
7. Alat Marshall (*Breaking Head, cincin penguji, arloji*)
8. Alat penunjang (panci, kompor, sendok, spatula, sarung tangan, kunci pas, obeng, kabel rol, wajan)

Bahan Penelitian

1. Agregat kasar limbah beton dari PT. PBI
2. Agregat halus abu batu dari Kabupaten Bogor
3. Filler semen dengan merek Tiga Roda
4. Aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina

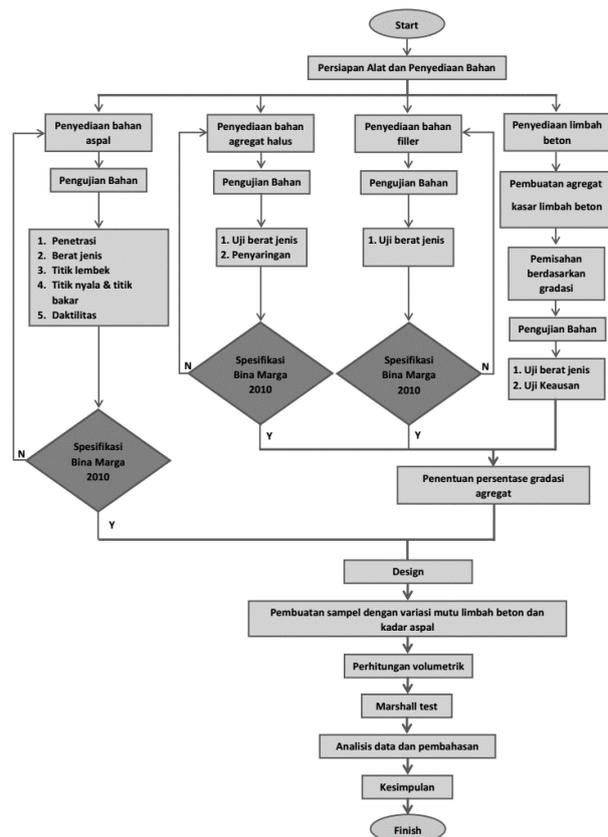
Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

- A. Pembuatan benda uji, dengan langkah sebagai berikut :
1. Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
 2. Pengujian bahan yang akan dipakai dalam penelitian.
 3. Penentuan persentase gradasi campuran dengan acuan sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 (revisi 3) dengan menggunakan gradasi rencana campuran asphalt concrete-binder course seperti pada tabel 2.10.
 4. Membuat rancang campur (mix design).
 5. Menimbang aspal yang dibutuhkan dalam campuran sesuai dengan hasil dari mix design.
 6. Memanaskan aspal.
 7. Mengaduk agregat bersama dengan aspal menggunakan mixer.
 8. Membuat briket aspal dengan *mould* dan dipadatkan dengan *compactor*.
 9. Mengeluarkan briket dari *mould* dengan dongkrak.
- B. *Volumetric test*, untuk mengetahui densitas, VIM, VMA dan VFA.
1. Benda uji yang telah diberi kode ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji.
 2. Dari hasil penimbangan dapat dihitung volume bulk dan densitas.
 3. Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (*specific gravity*).
 4. Menghitung nilai density maksimal teoritis .
 5. Menghitung penyerapan aspal dalam campuran.
 6. Perhitungan VIM, VMA dan VFA.
- C. *Marshall test*
1. Benda uji didiamkan selama 24 jam.
 2. Benda uji direndam dalam *waterbath* (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60°C.

3. Benda diletakkan pada alat uji Marshall untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan Marshall Quotient.

Untuk tahap-tahap penelitian yang lebih jelas dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir

Hasil Pengujian Mutu Bahan

Tabel 4. Hasil pemeriksaan agregat kasar limbah beton

Pengujian	Mutu Agregat Limbah Beton	Syarat	Hasil Pengujian
Keausan	f_c 25	Maks. 40 %	22,16%
	f_c 35		22,22%
	f_c 45		22,00%
Penyerapan air	f_c 25	Maks. 3 %	8,47%
	f_c 35		8,43%
	f_c 45		8,44%

Berat jenis bulk	f_c 25	Min. 2,5 gr/cc	2,1594
	f_c 35		2,1590
	f_c 45		2,1612
Berat jenis SSD	f_c 25	Min. 2,5 gr/cc	2,3423
	f_c 35		2,3411
	f_c 45		2,3435
Berat jenis <i>apparent</i>	f_c 25	Min. 2,5 gr/cc	2,6426
	f_c 35		2,6397
	f_c 45		2,6432
Lolos ayakan No. 200	f_c 25	Maks. 2%	0,0000
	f_c 35		0,0000
	f_c 45		0,0000

Tabel 5. Hasil pemeriksaan agregat halus abu batu

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil Pengujian
Penyerapan air	Maks. 3%	2,49%
Berat jenis bulk	Min. 2,5 gr/cc	2,5245
Berat jenis SSD	Min. 2,5 gr/cc	2,5873
Berat jenis <i>apparent</i>	Min. 2,5 gr/cc	2,6938
Butiran lolos ayakan No. 200	Maks. 10%	8,30%

Tabel 6. Hasil pemeriksaan filler semen

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil Pengujian
Berat jenis	Min. 2,75 gr/cc	3,1214

Tabel 8. Rekapitulasi uji volumetrik dan uji *Marshall*

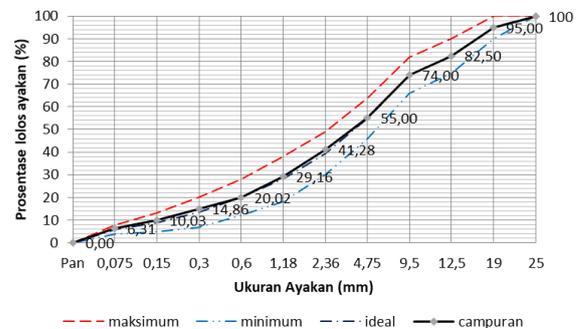
Kadar Aspal	Mutu Beton	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stab. (kg)	F _{low} (mm)	MQ (mm/kg)
4,00%	f_c 25	14,41	16,86	14,55	706,77	3,40	214,31
	f_c 35	14,53	16,99	14,52	754,05	3,80	200,07
	f_c 45	14,72	17,18	14,32	622,15	3,47	176,29
5,00%	f_c 25	12,15	16,66	27,08	758,24	3,85	200,02
	f_c 35	12,18	16,70	27,12	789,84	4,40	185,25
	f_c 45	12,23	16,75	26,63	692,09	3,90	173,55
6,00%	f_c 25	9,68	16,32	40,86	838,06	4,20	194,09
	f_c 35	9,69	16,34	40,72	857,77	4,90	179,96
	f_c 45	9,73	16,38	40,70	753,60	4,63	165,55
7,00%	f_c 25	6,88	15,73	55,84	873,13	4,73	188,60
	f_c 35	6,81	15,68	56,59	894,84	5,27	170,54
	f_c 45	7,07	15,92	55,62	838,52	5,13	153,74

Butiran lolos ayakan No. 200	Min. 75%	95,44%
------------------------------	----------	--------

Tabel 7. Hasil pemeriksaan aspal

Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Pengujian
Berat jenis	Min. 1 gr/cc	1,0465
Daktilitas	Min. 100 cm	100,65
Titik lembek	Min. 48°C	50
Penetrasi	60-70 (0,1 mm)	69
Titik nyala	Min. 232°C	335
Titik bakar	Min. 232°C	355

Gradasi Agregat Gabungan



Gambar 2. Grafik analisa agregat gabungan

Hasil Pengujian Volumetrik dan Pengujian Marshall

Berikut merupakan rata-rata hasil uji volumetrik dan uji *Marshall* yang telah dianalisa menggunakan hasil uji *Student-t*.

8,00%	f_c 25	3,57	14,77	75,87	934,05	6,13	151,48
	f_c 35	4,00	15,16	73,64	952,22	7,07	142,20
	f_c 45	4,51	15,61	70,93	880,53	6,70	130,14

Hasil Analisa Korelasi

Analisa korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan parameter hasil penelitian

dilakukan untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara mutu limbah beton dengan kualitas AC-BC yang dihasilkan.

Tabel 9. Hasil analisa korelasi parsial-1

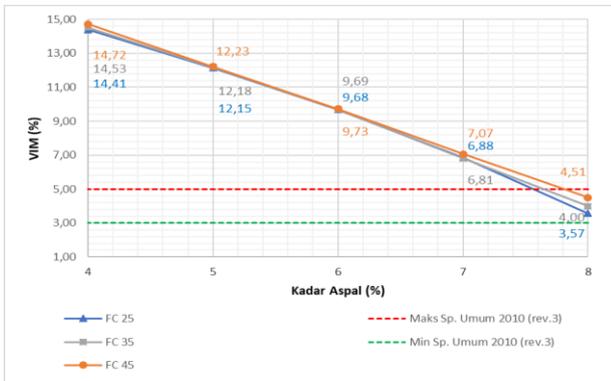
Korelasi		Stabilitas (kg)	Mutu limbah beton (f_c)	Kadar aspal (%)	VIM (%)
		Y	X_1	X_2	X_3
Stabilitas (kg)	Y	1,0000			
Mutu limbah beton (f_c)	X_1	-0,2893	1,0000		
Kadar aspal (%)	X_2	0,8958	0,0000	1,0000	
VIM (%)	X_3	-0,9035	0,0343	0,9978	1,0000
VMA (%)	X_4	-0,9084	0,1810	0,9564	0,9733
VFA (%)	X_5	0,8990	0,0235	0,9969	0,9996
Flow (mm)	X_6	0,8554	0,1148	0,9263	0,9297
MQ (mm/kg)	X_7	-0,5358	0,5383	0,7907	0,7814

Tabel 10. Hasil analisa korelasi parsial-2

Korelasi		VMA (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (mm/kg)
		X_4	X_5	X_6	X_7
Stabilitas (kg)	Y				
Mutu limbah beton (f_c)	X_1				
Kadar aspal (%)	X_2				
VIM (%)	X_3				
VMA (%)	X_4	1,0000			
VFA (%)	X_5	0,9731	1,0000		
Flow (mm)	X_6	0,8936	0,9362	1,0000	

MQ	-	-	-	-	
(mm/kg)	X ₇	0,6960	0,7934	0,8608	1,0000

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap VIM



Gambar 3. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap VIM

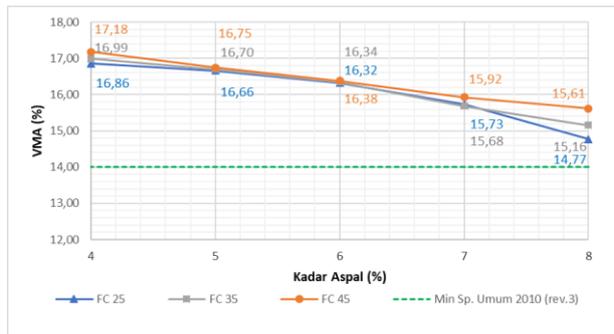
Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) memberikan batasan nilai Void In Mix untuk AC-BC minimal 3% dan maksimal 5%. Berdasarkan grafik di atas nilai VIM sebagian besar campuran tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Campuran AC-BC dengan agregat limbah beton f'c 25, f'c 35 dan f'c 45 memiliki nilai VIM yang hampir sama. Ketiga campuran AC-BC memiliki tren yang sama yaitu semakin bertambah kadar aspal maka nilai VIM akan semakin turun.

AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 25 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,457% - 8%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 35 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,644% - 8%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 45 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,793% - 8%.

Nilai VIM sangat dipengaruhi oleh kadar penyerapan aspal oleh agregat. Agregat limbah beton memiliki nilai penyerapan lebih dari 8% sehingga melebihi nilai penyerapan yang disyaratkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3)

yaitu sebesar 3%. Nilai penyerapan aspal oleh agregat yang tinggi berakibat pada berkurangnya kadar aspal efektif pada campuran AC-BC sehingga rongga antar agregat tidak dapat terisi semua oleh aspal. Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai VIM adalah 0,0343. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan yang sangat lemah dengan nilai VIM.

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap VMA

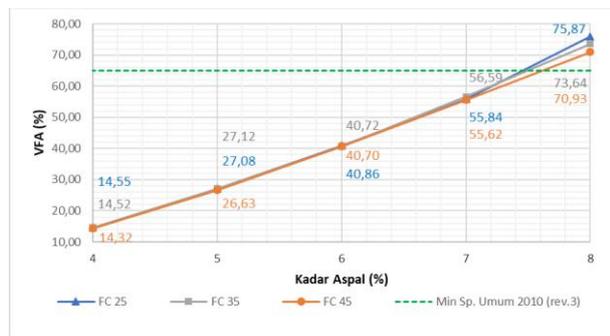


Gambar 4. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap VMA

Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) memberikan batasan nilai Void in Mineral Aggregate untuk AC-BC minimal 14%. Nilai VMA untuk seluruh campuran memenuhi spesifikasi dan pada ketiga mutu agregat limbah beton menunjukkan tren yang sama yaitu semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VMA pada campuran AC-BC yang menggunakan agregat limbah beton dengan mutu f'c 25, f'c 35 dan f'c 45 memiliki nilai yang hampir sama pada kadar aspal 5%-6%. Sedangkan pada kadar aspal 4%, 7% dan 8% campuran AC-BC memiliki nilai VMA berurutan dari tinggi ke rendah yaitu AC-BC

yang menggunakan agregat limbah beton dengan mutu $f'c$ 25, $f'c$ 35 dan $f'c$ 25. Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai VMA adalah 0,1810. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan yang sangat lemah dengan nilai VMA.

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap VFA



Gambar 5. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap VFA

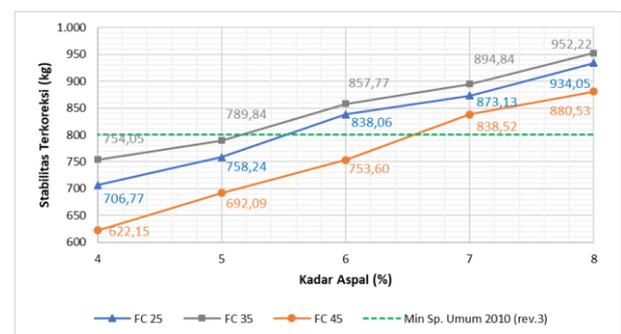
Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) memberikan batasan nilai Void in Mineral Agregat untuk AC-BC minimal 65%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 25 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,457% - 8%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 35 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,493% - 8%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 45 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 7,600% - 8%.

Campuran AC-BC dengan agregat limbah beton $f'c$ 25, $f'c$ 35 dan $f'c$ 45 memiliki nilai VFA yang hampir sama pada kadar aspal 4%-7% dan pada kadar aspal 8% dan tren dari ketiga campuran AC-BC memiliki nilai VMA berurutan dari tinggi ke rendah yaitu AC-BC yang menggunakan agregat limbah beton dengan mutu $f'c$ 25, $f'c$ 35 dan $f'c$ 45. Nilai VFA sebagian besar campuran AC-BC tidak memenuhi spesifikasi yang

disyaratkan karena kadar aspal efektif yang seharusnya mengisi rongga dalam agregat (VMA) justru terserap ke dalam agregat limbah beton yang berdaya serap lebih dari 8%.

Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai VFA adalah -0,0235. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan yang sangat lemah dengan nilai VFA.

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap Stabilitas



Gambar 6. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap stabilitas

Grafik stabilitas campuran AC-BC dengan berbagai mutu agregat limbah beton dan penambahan kadar aspal di atas menunjukkan bahwa bertambahnya kadar aspal maka akan semakin tinggi nilai stabilitasnya. Agregat limbah beton bermutu $f'c$ 45 menghasilkan stabilitas paling rendah, sedangkan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 35 menghasilkan stabilitas paling tinggi.

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) stabilitas AC-BC yang menggunakan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 25 dapat memenuhi spesifikasi dengan kadar aspal minimum 5,523%. AC-BC yang menggunakan agregat limbah beton bermutu $f'c$ 35 dapat memenuhi spesifikasi dengan kadar aspal minimum 5,150%. AC-BC yang menggunakan agregat limbah beton

bermutu f'c 45 dapat memenuhi spesifikasi dengan kadar aspal minimum 6,546%.

Pada campuran asphalt concrete dengan agregat batu nilai stabilitas akan naik saat kadar aspal ditambah sampai dengan titik puncak dan akan turun kembali saat kadar aspal terus ditambahkan. Sementara grafik pada campuran AC-BC dengan agregat kasar limbah beton stabilitas terus naik saat kadar aspal ditambahkan sampai dengan 8%. Hal ini terjadi karena agregat yang berasal dari limbah beton memiliki kadar penyerapan yang tinggi, porositas yang besar dan berat jenis kering yang kecil sehingga penyerapan aspal pada campuran AC-BC yang menggunakan limbah beton lebih besar dibanding penyerapan aspal pada campuran AC-BC dengan agregat batu alam. Hal ini menyebabkan kadar aspal efektif pada campuran dengan agregat kasar limbah beton menjadi kecil sehingga kadar aspal yang dibutuhkan tinggi.

Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai stabilitas adalah -0,2893. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan berbanding terbalik yang lemah dengan nilai stabilitas.

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap Flow



Gambar 7. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap flow

Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap *flow*, menunjukkan nilai *flow* dari ketiga campuran menunjukkan karakter yang sama yaitu dengan bertambahnya kadar aspal mengakibatkan nilai *flow* naik. Nilai *flow* berturut-turut dari nilai terendah sampai tertinggi adalah AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 25, AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 45 dan AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 35.

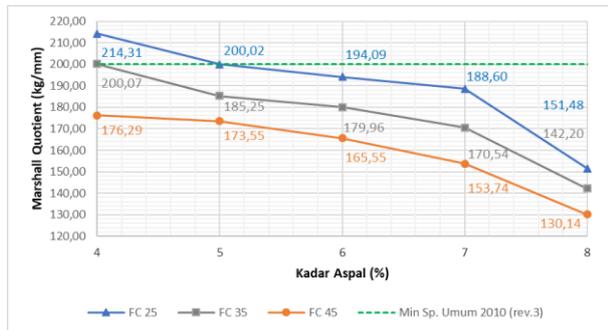
AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 25 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4% - 5,429%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 35 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4% - 4,333%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f'c 45 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4% - 5,136%.

Faktor penyebab tingginya nilai *flow* pada campuran AC-BC dengan agregat limbah beton antara lain adalah sebagai berikut :

1. Daya lekat aspal dengan agregat limbah beton yang kurang karena permukaan agregat limbah beton cenderung berdebu dan sangat sulit untuk dibersihkan.
2. Butiran agregat limbah beton yang pecah saat dipadatkan menggunakan alat pemadat sehingga terdapat celah di antara pecahan butiran agregat yang tidak terisi oleh aspal.

Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai *flow* adalah 0,1148. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan yang sangat lemah dengan nilai *flow*.

Pengaruh Mutu Agregat Limbah Terhadap Marshall Qoutient



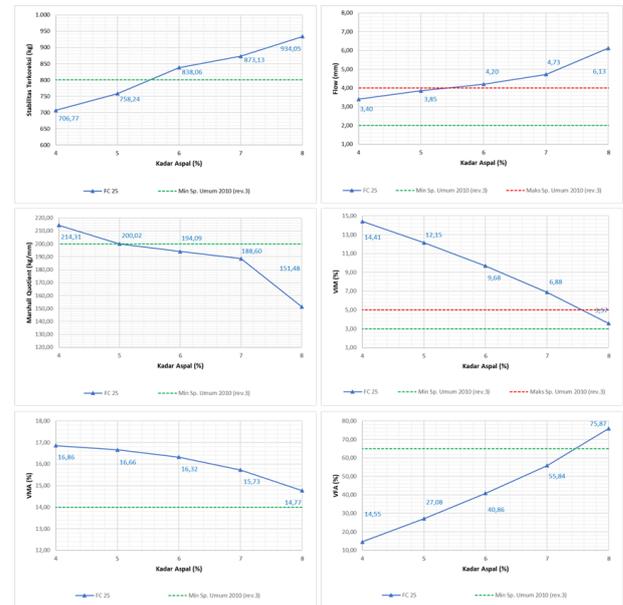
Gambar 8. Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap Marshall Qoutient

Grafik pengaruh mutu agregat limbah beton dan kadar aspal terhadap Marshall Qoutient menunjukkan nilai Marshall Quotient berturut-turut dari nilai terendah sampai tertinggi adalah AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 25, AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 45 dan AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 35.

AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 25 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4% - 5,002%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 35 dapat memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4% - 4,333%. AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 45 tidak dapat memenuhi spesifikasi. Sebagian besar benda uji yang dibuat tidak dapat memenuhi persyaratan disebabkan oleh nilai stabilitas yang rendah dan nilai *flow* yang tinggi.

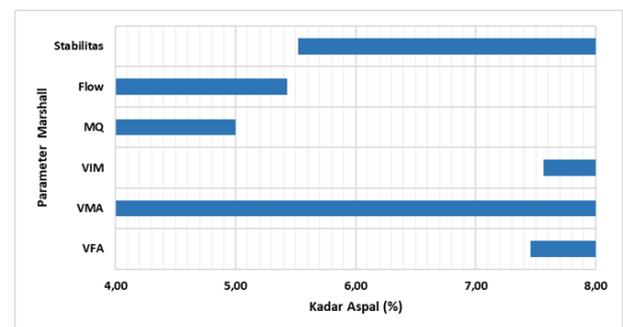
Korelasi antara mutu agregat limbah beton dengan nilai *marshall quotient* adalah 0,5383. Hal ini menunjukkan bahwa mutu agregat limbah beton memiliki hubungan berbanding terbalik yang sedang (cukup) dengan nilai *flow*.

Kadar Aspal Optimum AC-BC dengan Agregat Limbah beton f_c 25



Gambar 9. Grafik parameter Marshall AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 25

Hasil grafik parameter Marshall di atas dibuat tabel rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada masing-masing parameter *Marshall*.

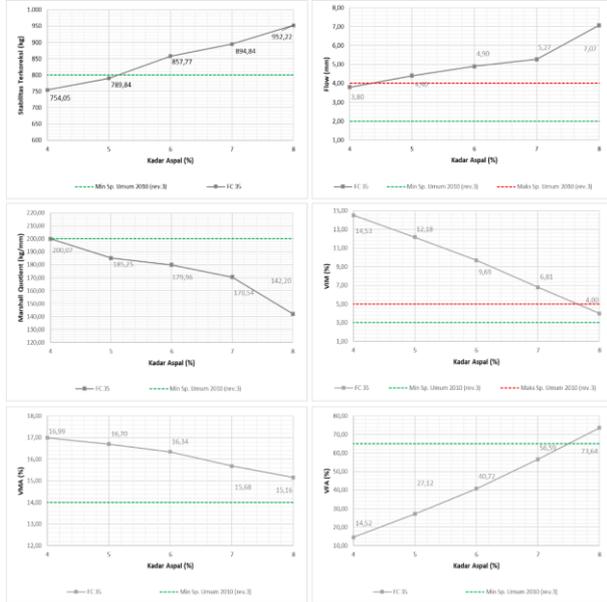


Gambar 10. Rentang kadar aspal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 25

Grafik rentang kadar aspal campuran AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 25 tidak didapatkan rentang kadar aspal yang memenuhi semua parameter Marshall

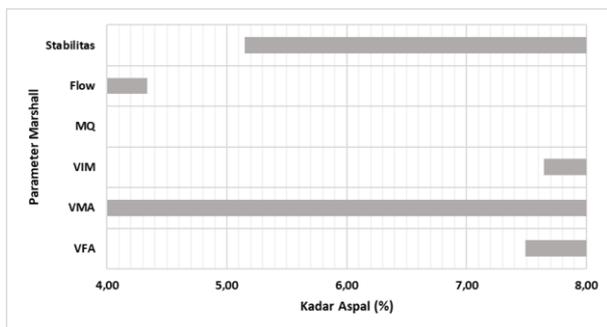
sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar aspal optimum tidak didapatkan.

Kadar Aspal Optimum AC-BC dengan Agregat Limbah beton f_c 35



Gambar 11. Grafik parameter Marshall AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 35

Hasil grafik parameter Marshall di atas dibuat tabel rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada masing-masing parameter *Marshall*.

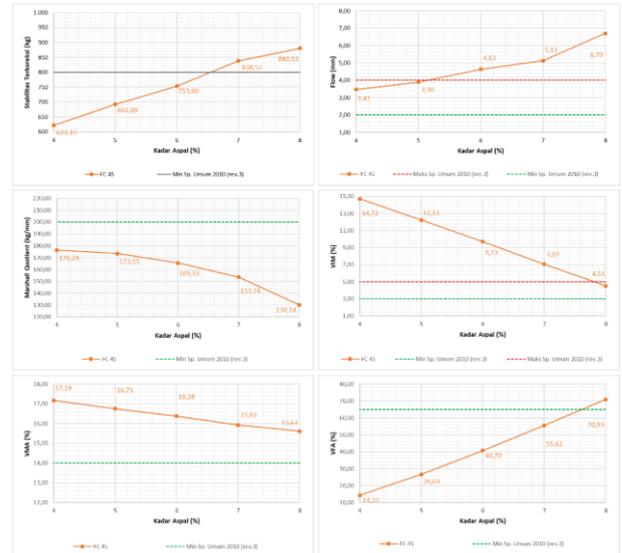


Gambar 12. Rentang kadar aspal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 35

Grafik rentang kadar aspal campuran AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 35

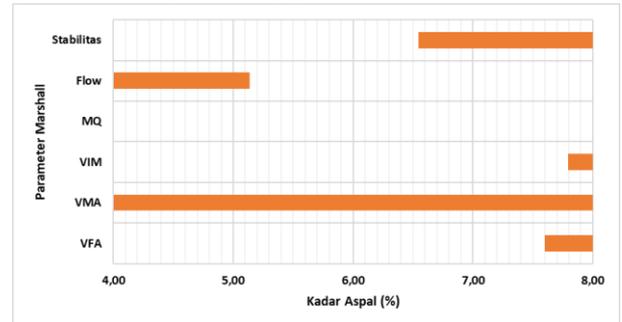
tidak didapatkan rentang kadar aspal yang memenuhi semua parameter Marshall sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar aspal optimum tidak didapatkan.

Kadar Aspal Optimum AC-BC dengan Agregat Limbah beton f_c 45



Gambar 13. Grafik parameter Marshall AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 45

Hasil grafik parameter Marshall di atas dibuat tabel rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada masing-masing parameter *Marshall*.



Gambar 14. Rentang kadar aspal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 (Revisi 3) AC-BC dengan agregat limbah beton f_c 45

Grafik rentang kadar aspal campuran AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 45

tidak didapatkan rentang kadar aspal yang memenuhi semua parameter Marshall sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar aspal optimum tidak didapatkan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Campuran AC-BC dengan agregat kasar yang berasal dari limbah beton dengan mutu f_c 25, f_c 35 dan f_c 45 tidak memiliki kadar aspal optimum (KAO).
2. AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 menggunakan aspal paling sedikit sedangkan AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 menggunakan aspal paling banyak.
3. Nilai VIM AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 dapat memenuhi syarat pada campuran kadar aspal lebih dari 7,568%, AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 35 dapat memenuhi syarat pada campuran dengan kadar aspal lebih dari 7,644% dan AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 dapat memenuhi syarat pada campuran dengan kadar aspal lebih dari 7,793%.
4. Nilai VMA campuran AC-BC dengan agregat limbah beton bermutu f_c 25, f_c 35 dan f_c 45 memenuhi persyaratan pada seluruh campuran pada kadar aspal 4%-8%.
5. Nilai VFA minimal AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 tercapai pada kadar aspal 7,457%, AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 35 tercapai pada kadar aspal 7,493% dan

AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 tercapai pada kadar aspal 7,600%.

6. Stabilitas terkoreksi minimal AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 tercapai pada kadar aspal 5,523%, AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 35 tercapai pada kadar aspal 5,150% dan AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 tercapai pada kadar aspal 6,546%.
7. Nilai flow AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 memenuhi syarat pada kadar aspal kurang dari 5,429%, AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 35 memenuhi syarat pada kadar aspal kurang dari 4,333% dan AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 memenuhi syarat pada kadar aspal kurang dari 5,236%.
8. Nilai Marshall Quotient AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 25 memenuhi syarat pada kadar aspal kurang dari 5,002%, AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 35 memenuhi syarat pada kadar aspal kurang dari 4,005%, sedangkan AC-BC dengan agregat kasar limbah beton dengan mutu f_c 45 tidak memenuhi syarat.
9. Korelasi antara mutu limbah beton dengan VIM, VMA dan VFA secara berurutan adalah sebesar 0,0343, 0,1810, -0,0235.
10. Korelasi antara mutu limbah beton dengan stabilitas terkoreksi adalah sebesar -0,2893.
11. Korelasi antara mutu limbah beton dengan flow adalah sebesar 0,1148.

12. Korelasi antara mutu limbah beton dengan Marshall Quotient adalah sebesar -0,535.
13. Limbah beton baik dengan mutu antara f'c 25 dan f'c 45 tidak layak digunakan sebagai material pengganti agregat kasar pada campuran AC-BC.

www.hanyasebatascatatatan.blogspot.co.id/2011/12/terusan-2.html (10 September 2016)

Sukirman, S., 2008, *Beton Aspal Campuran Panas: Edisi ke-2*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia

Sukirman, S., 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.

Daftar Pustaka

Ahadi. 2011. *Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan Jalan Raya*. Diambil dari : www.ilmusipil.com/jenis-dan-fungsi-lapisan-perkerasan-jalan-raja (11 September 2016)

Alan. 2013. *Mutu beton*. Diambil dari : www.alan-sipil-struktur-ubb.blogspot.co.id/p/mutu-beton.html (3 Desember 2016)

Departemen Pekerjaan Umum. Revisi 2010. *Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal: Edisi November 2010*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Harahap, Daulat. 2016. *Memahami Arti Mutu Beton*. Diambil dari : www.betonreadymixconcrete.com/memahami-arti-mutu-beton/ (3 Desember 2016)

Harold N. Atkins.1997. *Highway Materials, Soils and Concretes: 3th Edition* New Jersey: Prentice Hall

Muntohar, A. S. dan B. Hantoro, 2001. *Penggunaan Abu Sekam sebagai Campuran Kapur untuk Stabilisasi Tanah*. Bandung: Tesis Magister Institut Teknologi Bandung

Putra. 2010. *Pengertian Aspal Beton Campuran Panas*. Diambil dari : www.putra-ultimate.blogspot.co.id/2010/05/pengertian-aspal-beton-campuran-panas.html (10 September 2016)

Rianto,R.H., 2007. *Pengaruh Abu Sekam Padi sebagai Filler dalam Campuran Aspal*. Bandung: Skripsi Universitas Parahyangan

Setyaningrum, E., 2011. *Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur*. Diambil dari :